

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut
der Justus Liebig-Universität Gießen

**Korrosionsanatomische Untersuchungen
der Blutgefäße des Auges des Haushundes
(*Canis familiaris* L.) unter besonderer
Berücksichtigung des Kapillarsystems**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Dieter Hetkamp
Tierarzt aus Oberhausen

Gießen 1972

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut
der Justus Liebig-Universität Gießen

**Korrosionsanatomische Untersuchungen
der Blutgefäße des Auges des Haushundes
(*Canis familiaris* L.) unter besonderer
Berücksichtigung des Kapillarsystems**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Dieter Hetkamp
Tierarzt aus Oberhausen

Gießen 1972

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät in Gießen

Dekan: Professor Dr. G. Lämmler

Berichterstatter: Professor Dr. A. Schummer

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Mai 1972



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	1
B. MATERIAL UND TECHNIK	3
C. BEFUNDE	4
Die extrabulbären Arterien des Auges	4
Die Arterien der Lamina vasculosa chorioideae	5
Die Blutgefäße der Lamina chorioideocapillaris	7
Die Venen der Chorioidea	8
Die Arteriae ciliares anteriores	11
Die Blutgefäße der Iris	12
Die Blutgefäße des Ziliarkörpers und der Ziliar- fortsätze	15
Die Blutgefäße der Retina	18
Die Blutgefäße der Sclera	20
D. DISKUSSION	23
E. ZUSAMMENFASSUNG	29
F. ABBILDUNGEN	30
G. LITERATURVERZEICHNIS	40
Lebenslauf	

A. EINLEITUNG

Eine zusammenhängende, ausführliche Darstellung der intra-
okulären Blutgefäße des Auges des Hundes liegt bisher nicht
vor.

Eingehende Beschreibungen der extrabulbären Blutgefäße des
Auges des Hundes finden sich bereits im "Handbuch der Ana-
tomie des Hundes" von ELLENBERGER und BAUM (1891) und in
einer sehr ausführlichen Untersuchung von BRÜCKNER (1909),
sowie in der Arbeit von NICKEL und SCHWARZE (1963), in der
allerdings nur die größeren Gefäße, nicht aber deren Auf-
teilung beschrieben werden.

Das entsprechende venöse System wurde in neuerer Zeit von
RÜMLER (1967) beschrieben, der sich dabei auch auf Unter-
suchungen von LAUNAY (1896) und POHLE (1920), und die zu-
sammenfassende Darstellung dieses Stoffes von ZIETSMANN
(1943) bezieht.

Bei MILLER, CHRISTENSEN und EVANS (Anatomy of the Dog, 1964)
und PRINCE, DIESEM, EGLITIS und RUSKELL (Anatomy and Histo-
logy of the Eye and Orbit in Domestic Animals, 1960) findet
sich ebenfalls eine zusammenfassende Beschreibung der extra-
bulbär gelegenen Blutgefäße, während die Binnengefäße des
Bulbus nur sehr summarisch geschildert werden.

Von mehr klinischer Bedeutung sind eine Reihe ophthalmosko-
pischer Untersuchungen von WYMAN und DONOVAN (1965) und
BUNCE (1955) unter Ausschluß des Kapillarsystems.

Einzelheiten über die Gefäßversorgung bestimmter Abschnitte
des Bulbus, insbesondere des Ziliarkörpers und der Iris,
zum großen Teil allerdings am menschlichen Auge, finden
sich in einer Reihe von vergleichenden Arbeiten von ROHEN.

Diese Zusammenfassung der in der einschlägigen Literatur
über das Blutgefäßsystem des Auges vom Hund vorliegenden
Untersuchungen zeigt deutlich, daß sie sich fast aus-
schließlich mit den extrabulbären Blutgefäßen befassen,

das Kapillarsystem hingegen wenig Beachtung gefunden hat. Daher erschien es angezeigt, das extra- und intrabulbäre Gefäßsystem des Hundeauges unter besonderer Berücksichtigung seines kapillären Bereiches mit Hilfe der Korrosionsmethode einer erneuten Untersuchung zu unterziehen, um auf diese Weise Klinikern und Experimentatoren, soweit es dieses Verfahren erlaubt, neue Erkenntnisse zu vermitteln.

B. MATERIAL UND METHODEN

Untersucht wurden die Blutgefäße des Auges an 28 Köpfen von Hunden verschiedener Rassen und unterschiedlichen Alters.

Die Injektion der Blutgefäße erfolgte mit "Plastoid" nach dem Verfahren von SCHUMMER, und zwar im allgemeinen teils über die A. carotis communis, teils über die V. jugularis, oder über beide Gefäße gleichzeitig. In einigen Fällen diente auch die A. maxillaris interna im Bereich des Ohrgrundes zur Injektion.

Der Kopf der durch Einschläfern getöteten Hunde wurde zwischen drittem und viertem Halswirbel abgesetzt und zur passiven Entblutung aufgehängt. Der Versuch, das Injektionsergebnis mit Plastoid durch vorhergehende Durchspülung der Kopfgefäße mit physiologischer Kochsalzlösung zu verbessern, verlief ohne sichtbaren Erfolg.

Die Injektion von Plastoid erfolgte entweder direkt nach dem Entbluten der Köpfe oder, um den während der Injektion sich einstellenden - durch den Rigor mortis bedingten - Widerstand besonders in den Arterien auszuschalten, nach fünf- bis zehntägigem Aufbewahren der Präparate im Kühlraum bei etwa 0° Celsius.

Nach der Injektion mit Plastoid von etwa honigartiger Viskosität wurden zu dessen Polymerisation die Köpfe in einer etwa 5%igen Formalinlösung für ca. 70 Stunden bei einer Temperatur von 48°C im Wärmeschrank untergebracht.

Die Korrosion der Weichteile erfolgte anschließend in handelsüblicher, etwa 35%iger Kalilauge bei gleicher Temperatur und in gleicher Zeitdauer.

Vollständige Füllung aller Gefäße wurde nicht in jedem Fall erreicht. Die dadurch erzielte Übersichtlichkeit der verschiedenartigen Präparate war jedoch von Vorteil für die Auswertung von Einzelbefunden, die schließlich ein Gesamtbild der zur Untersuchung anstehenden Gefäßarchitektur ergaben.

C. BEFUNDE

Die extrabulbären Arterien des Auges

Die A. ophthalmica externa (Abb. 1/1) stellt das Hauptgefäß für die arterielle Blutversorgung des Augapfels dar. Sie entspringt an der Basis der Augenmuskelpyramide aus der A. maxillaris interna. Dabei wird sie von der an dieser Stelle ampullenförmig erweiterten V. ophthalmica dorsalis manschettenartig umfaßt. Dabei entsteht die Frage, ob die Aussackung der Vene durch unphysiologisch hohen Injektionsdruck entsteht. Dagegen spricht aber die Beobachtung, daß die gleiche Erscheinung auch an mäßig gefüllten Injektionspräparaten festzustellen war.

Nach ihrem Ursprung aus der A. maxillaris int. zieht die A. ophthalmica ext. in leicht gewundenem Verlauf bulbuswärts. Etwa auf halber Strecke zwischen ihrem Ursprung und dem Bulbus gibt sie in rechtem Winkel einen Ast ab (Abb. 1/1'), der die gleiche Stärke wie das Stammgefäß besitzt. Dieser windet sich in konvexem Bogen nach medial, biegt dann wiederum in rechtem Winkel bulbuswärts ab und verläuft parallel zum Ursprungsgefäß in stark gewundenem Verlauf zum Augapfel. An dieser Stelle nimmt dieser Seitenast der A. ophthalmica ext. die durch das Foramen opticum austretende A. ophthalmica interna auf.

Da beide Gefäße etwa das gleiche Kaliber haben, handelt es sich bei diesem Seitenast um eine arterio-arterielle Anastomose der A. ophthalmica ext. und der A. ophthalmica int. Kurz vor Erreichen der Area cribrosa sclerae spaltet sich der Hauptstamm der A. ophthalmica ext. in zwei Äste auf. Der am weitesten lateral ziehende Ast biegt nahezu rechtwinklig ab, folgt in halbkreisförmigem Verlauf der Kontur des Bulbus und wird zur A. ciliaris posterioris longa lateralis (Abb. 1/3; Abb. 9/3). Aus dem zweiten Ast entwickelt sich durch Aufteilung in fünf bis acht Zweige, die alle durch zahlreiche Anastomosen miteinander in Verbindung stehen, ein arterielles Geflecht um den N. opticus, das allerdings dessen mediale, dem Os frontale zugekehrte Fläche nicht bedeckt.

Aus diesem Geflecht steigen senkrecht kleine Arterien zum Bulbus auf, die in geringem Abstand von der Eintrittsstelle des N. opticus die Sclera durchbohren, der Kontur des Bulbus folgend, in Richtung auf den Ziliarkörper ziehen und sich ständig dichotomisch teilen.

Auch der erwähnte Seitenast der A. ophthalmica ext. spaltet sich dicht vor Erreichen des Bulbus in zwei kleinere Äste auf. Der eine dieser beiden Äste wird zur A. ciliaris posterioris longa medialis (Abb. 1/3), während der andere Ast in das Ringgeflecht um den N. opticus eintritt und, sich ständig teilend, ebenfalls bis zum Ziliarkörper zu verfolgen ist.

Die diesem arteriellen Geflecht und den N. opticus entstammenden, relativ englumigen Gefäße werden zu den Aa. ciliares posteriores breves (Abb. 1/2; Abb. 9/1) der Lamina vasculosa chorioideae.

Bei einer größeren Zahl der untersuchten Augen fehlt das beschriebene, dem Ursprung der Aa. ciliares postt.breves dienende Geflecht. In diesen Fällen entspringen die Aa. ciliares postt.breves direkt aus dem Hauptast der A. ophthalmica ext., die dicht vor Erreichen des Bulbus einen nicht ganz geschlossenen Kreisbogen um den N. opticus bildet.

Der zweite Ast der A. ophthalmica ext. verhält sich in diesen Fällen wie bereits geschildert und füllt die im Kreisbogen bestehende Lücke aus.

Die Arterien der Lamina vasculosa chorioideae

Aus dem von der A. ophthalmica ext. gebildeten Gefäßkranz um den N. opticus entspringen dicht hinter der Area cribrosa in unregelmäßigen Abständen die Aa. ciliares posteriores breves (Abb. 1/2; Abb. 9/1) zur Versorgung der Chorioidea.

Bezüglich der Zahl dieser Arterien bestehen individuelle Unterschiede, ebenso auch zwischen beiden Augen des gleichen Tieres in geringerem Umfang. Sie beträgt in der Mehrzahl der Fälle zwölf bis fünfzehn.

Die Aa. ciliares postt.breves steigen, parallel zum N. opticus gelegen, zum Bulbus empor und treten in geringem Abstand vom Discus n. optici in das Spatium perichorioideale ein. Dort biegen sie nahezu rechtwinklig nach peripher ab und teilen sich dichotomisch in spitzem Winkel, so daß ein dichter Gefäßwall um den Discus n. optici entsteht. Von dort ziehen die Aa. ciliares postt. breves radiär entlang der Bulbuswand bis zum Ziliarkörper. Auf diesem Weg geben sie ständig in spitzem Winkel Seitenäste mit gleicher Verlaufsrichtung ab.

Dabei bestehen auffallend wenig arterio-arterielle Anastomosen zwischen Gefäßen gleichen Kalibers.

Die Aa. ciliares postt. breves (Abb. 2/1) sind dem ebenfalls in der Lamina vasculosa chorioideae enthaltenen Venensystem außen aufgelagert. Dabei überkreuzen auch die Seitenäste der Arterien die Venen auf deren Außenseite.

Aus diesen Seitenästen ziehen in kurzen Abständen kleine Stämmchen (Abb. 2/2; Abb. 9/1') senkrecht nach innen, wobei sie die Schicht der großen Venen durchdringen. Anschließend teilen sich diese Stämmchen in mehrere kleine Zweige (Abb. 2/3), die rechtwinklig abbiegen und mit anderen, ebenso entstandenen Zweigen, Verbindung aufnehmen.

Dadurch entsteht ein weitmaschiges, flächenförmig ausgebreitetes Netz kleiner Arterien, das den großen Venen der Lamina vasculosa innen aufliegt.

Aus diesem Netz erheben sich wiederum rechtwinklig aufsteigende kleine Arteriolen, die nach kurzem Verlauf ebenfalls wieder rechtwinklig umbiegen und in das Kapillarnetz übergehen (Abb. 2/4).

Das arterielle Gefäßsystem der Chorioidea besteht also aus drei übereinander liegenden Etagen, die durch senkrecht dazu verlaufende kleine Gefäße miteinander verbunden sind. Hieraus ergibt sich: Am weitesten außen, im Spatium perichorioideale, finden sich die radiär vom Discus n. optici zum Ziliarkörper ziehenden Arterien. Die zweite Etage wird von dem den Venen innen anliegenden weitmaschigen Netz kleiner

Arterien gebildet und die dritte von den in der Lamina chorioideocapillaris liegenden Endabschnitten der Arteriolen und den aus ihnen hervorgehenden Kapillaren.

Die Gefäße der Lamina chorioideocapillaris

Aus der Endaufteilung der Arteriolen, deren Entstehung bereits beschrieben wurde, entsteht das Kapillarnetz, die Lamina chorioideocapillaris (Abb. 2/5).

Ihre Arteriolen biegen nach Erreichen der entsprechenden Ebene rechtwinklig um und teilen sich strahlenförmig auf. Sie entlassen in unregelmäßigen Abständen in stumpfem Winkel Kapillaren und gehen schließlich selbst in solche über. Durch Vereinigung mehrerer Kapillaren entstehen kleine Venolen, die durch Aufnahme weiterer Kapillaren an Stärke zunehmen. Durchschnittlich acht bis zehn solcher Venolen (Abb. 2/6) fließen radiär zu einem sternförmigen Komplex zusammen, aus dem dann eine kleine Vene entsteht, die senkrecht aus der Lamina chorioideocapillaris sklerawärts abbiegt, und in das System der noch zu beschreibenden mittleren und großen Venen der Chorioidea einmündet.

Durch das geschilderte Verhalten der Venolen gliedert sich die Lamina chorioideocapillaris in eine Vielzahl von deutlich erkennbaren Einzelbezirken, die jedoch durch kapilläre Brücken miteinander in Verbindung stehen.

Auffallend ist das unterschiedliche Kaliber der Gefäße der "Einzelbezirke" in den verschiedenen Abschnitten der Chorioidea. In den beiden discusnahen Dritteln der Chorioidea finden sich nur sehr kleine Arteriolen und Venolen, während ihre Weite im ziliarkörpernahen Drittel erheblich zunimmt. Obwohl in der Gefäßarchitektur keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen, erscheint die Struktur der Einzelbezirke in diesem Drittel jedoch wesentlich gröber.

Im Plastoidpräparat sind die Kapillaren abgeplattet, wobei ihre Breitseiten der Retina, beziehungsweise der Sclera zu-gekehrt sind.

Da diese Erscheinung an allen injizierten Augen beobachtet werden konnte, ist es wenig wahrscheinlich, daß es sich hierbei um ein durch die Injektion hervorgerufenes Kunstprodukt handelt; vielmehr ist anzunehmen, daß es sich um die Wiedergabe der natürlichen Form dieser Gefäße handelt.

Die Venen der Chorioidea

Das venöse System der Chorioidea des Hundeauges zeigt einen bemerkenswert klaren und übersichtlichen Aufbau. Die Venen der Chorioidea liegen in drei parallel zueinander angeordneten Ebenen, deren Form jener des Bulbus entspricht. Das Kaliber dieser Venen nimmt dabei in jeder Ebene von innen nach außen zu. Zwischen den Gefäßen der drei Ebenen bestehen Verbindungen in Form von kurzen, senkrecht in Richtung auf die Sklera ziehenden Ästen.

Die am weitesten innen, also retinawärts liegende Schicht besteht aus einer flächenförmig ausgebreiteten Lage von Venolen (Abb. 2/6), die von Kapillaren der Lamina chorioideocapillaris gespeist werden und zudem durch zahlreiche kapilläre Querverbindungen miteinander verbunden sind. Aus der Vereinigung mehrerer dieser Venolen ergeben sich kleine Venen, die nach ihrer Entstehung in nahezu rechtem Winkel in Richtung auf die Sclera abbiegen, und nach kurzem Verlauf wiederum rechtwinklig in die zweite Ebene eintreten. Hier vereinigt sich jede dieser kleinen Venen mit einer zweiten gleichen Kalibers, die im Regelfalle auf die gleiche Weise entstanden ist. So besteht diese zweite Schicht aus Venen mittlerer Größe, die, ohne weitere Verbindung miteinander aufzunehmen, parallel zur Bulbuskontur verlaufen. Bei der Entstehung der kleinen Venen, die sich zu solchen mittlerer Größe vereinigen, kann als "Zwischenglied" ein System von kleinsten Venen eingeschaltet sein.

Wie die kleinen Venen entstehen auch sie durch Vereinigung von Venolen und verbinden sich ebenfalls nach kurzem, senkrecht zur Sklera orientiertem Verlauf unter rechtwinkligem Abbiegen miteinander. Sie unterscheiden sich von dem System der kleinen Venen durch ihre geringere Stärke, sowie durch ihren wesentlich kürzeren Verlauf, bevor sie, wie erwähnt, ebenfalls rechtwinklig abbiegen, und sich mit einer zweiten, ebenso entstandenen kleinsten Vene vereinigen. Anschließend entlassen sie ein kurzes Stämmchen, das in Stärke und Verlauf dem System der kleinen Venen entspricht und ebenfalls in die zweite, parallel zur Sklera liegende Schicht tritt, um sich nunmehr mit einer der bereits geschilderten kleinen Venen zu verbinden.

Das regelmäßige Auftreten dieser kleinsten Venen in bestimmten Gebieten der Chorioidea konnte nicht festgestellt werden.

An den Vereinigungsstellen mittelgroßer Venen (Abb. 2/7) entspringen wiederum kurze, relativ weitlumige Stämmchen (Abb. 9/13'), die gleichfalls in Richtung auf die Sklera ziehen und nach kurzem Verlauf in die großen Venen (Abb. 2/8; Abb. 9/3) der Lamina vasculosa chorioideae einmünden.

Diese Venen der Lamina vasculosa entstammen einem ringförmig den N. opticus umgebenden, dicht hinter der Area cribrosa gelegenen Venenplexus. Aus ihm steigen diese dreißig bis vierzig Venen am N. opticus zur Sklera auf. Durch zahlreiche kurze Anastomosen miteinander verbunden, umhüllen sie den Sehnerv schlauchförmig. Anschließend durchbohren sie die Sklera in unmittelbarer Nähe der Eintrittsstelle des N. opticus, biegen dann sofort rechtwinklig nach peripher um und ziehen, der Kontur des Bulbus folgend, bis zum korneawärtigen Rand der Chorioidea. Da sie den gleichen Verlauf und das gleiche Einzugsgebiet wie die Aa. ciliares postt. breves haben, sind sie als Vv. ciliares postt. breves (Abb. 9/13) zu bezeichnen.

Diese Vv. ciliares postt. breves sind bei ihrem Eintritt in die Chorioidea noch relativ schwache Gefäße, die allerdings durch die Aufnahme der aus den inneren Schichten der Cho-

rioidea kommenden mittelgroßen Venen sehr schnell an Größe zunehmen. Diese treten in gleichmäßigem, schwachen Bogen an die Vv. ciliares postt. breves heran, folgen zunächst deren meridionalen Verlauf und münden dann in sehr spitzem Winkel an ihrer Seitenfläche in sie ein.

Dadurch entsteht in der Lamina vasculosa chorioideae eine sehr dichte Lage von meridional verlaufenden Venen, deren Weite jene der entsprechenden Arterien erheblich übertrifft. Dieses in den beiden hinteren Dritteln der Chorioidea vorherrschende Bild von gleichförmig meridional verlaufenden Venen ändert sich in deren vorderem Drittel jedoch völlig. In diesem Grenzbereich vereinigen sich jeweils drei oder vier dieser Venen in spitzem Winkel zu einem sehr weitlumigen Gefäß, das zwar bis zur Basis des Ziliarkörpers noch meridional verläuft, dort aber in rechtem Winkel in äquatorialer Richtung umbiegt.

Eine kurze Strecke folgt es anschließend dem Orbiculus ciliaris, biegt dann wiederum rechtwinklig zum hinteren Bulbuspol um und vereinigt sich nach kurzem Verlauf mit einer zweiten, gleichartigen Vene zu einem kurzen, sehr plumpen Gefäßstamm, der senkrecht aus der Lamina vasculosa emporsteigt (Abb. 9/15) und an der der Chorioidea zugekehrten Fläche des Plexus venosus sclerae in diesen einmündet.

In jedem Quadranten sind drei bis vier dieser aufsteigenden Stämme vorhanden; im gesamten Bulbus also mindestens zwölf. Ihre Höchstzahl betrug neunzehn.

Die Aufgabe dieser Venenstämme dürfte die gleiche wie die der vier bis sechs Vv. vorticosae des menschlichen Augapfels sein, die etwa im Bereich seines Äquators das venöse Blut aus der vorderen und hinteren Bulbushälfte sammeln und es als selbständige Gefäße ableiten sollen.

Die diesen aufsteigenden Stämmen vorgeschalteten, äquatorial verlaufenden Abschnitte der Venen haben die Funktion von Sammelvenen (Abb. 9/14), die das Blut sowohl aus den Venen der Iris und des Ziliarkörpers als auch aus den Venen der Lamina vasculosa chorioideae aufnehmen. Letztere

biegen im Bereich des Ursprungs der jeweiligen Sammelvene und kurz vor Erreichen ihres Hinterrandes nahezu rechtwinklig in äquatoriale Richtung um, verlaufen eine kurze Strecke parallel mit ihr und münden dann in spitzem Winkel in sie ein.

Ihr Mündungswinkel wird zum rückläufigen Teil der Sammelvene hin kontinuierlich stumpfer, bis die Vv. ciliares postt. breves dicht vor der Vereinigungsstelle zweier Sammelvenen fast meridional in diese eintreten.

Einige der Vv. ciliares postt. breves münden auch direkt in die Basis des aufsteigenden Venenstammes ein.

Die Arteriae ciliares anteriores

Die Aa. ciliares anteriores entstammen den Rami musculares der A. ophthalmica ext. Sie dringen erst im Bereich des Plexus venosus sclerae in den Bulbus ein, ohne vorher Äste abzugeben.

An der Außenseite des vorderen Drittels des Plexus venosus sclerae teilt sich jede A. ciliaris anterior zunächst in zwei Hauptäste, die in nahezu rechtem Winkel das Stammgefäß verlassen und in sanften Bögen zirkulär den Bulbus umkreisen. Ihre auffallend spärlichen Nebenäste verlassen die Hauptäste immer in sehr stumpfem Winkel, und zwar sowohl in proximaler als auch in distaler Richtung. Dadurch bleibt die Hauptrichtung des Blutstromes zunächst gewahrt.

In verhältnismäßig großen Abständen entspringen aus den Hauptstämmen der Aa. ciliares antt. und deren Nebenästen kleine Arteriolen, die in das der Sclera außen aufliegende Kapillarnetz übergehen.

Dieses Kapillarnetz zeichnet sich dadurch aus, daß es trotz des geringen arteriellen Zustromes aus einer bemerkenswert großen Anzahl von locker gefügten Gefäßschlingen besteht, die in einer Ebene über den Ästen der Aa. ciliares antt. liegen. Zudem fallen die Kapillaren durch ihren relativ großen Durchmesser auf.

Aus diesem ausgedehnten System von Kapillarschlingen gehen kleine Venen hervor, die durch Vereinigung mit gleichartigen kleinen Venen und durch Aufnahme weiterer Kapillaren an Stärke zunehmen und dann durch senkrechten Abstieg in die großen Venen des Plexus venosus sclerae einmünden.

Zudem können auch die Kapillaren selbst senkrecht zum Plexus venosus sclerae absteigen und unter Umgehung des Systems kleiner und mittlerer Venen direkt in diesen einmünden. Ein bestimmtes System in diesem Verhalten war jedoch nicht festzustellen.

Die Blutgefäße der Iris

Da die Pupillen post mortem weit geöffnet sind, und die untersuchten Augen nicht mit auf die Eigenmuskulatur der Iris einwirkenden Pharmaka vorbehandelt wurden, beziehen sich die nachfolgenden Angaben über die Gefäßarchitektur auf ihre Beschaffenheit im Zustand der Mydriasis.

An dem Blutgefäßsystem der Iris des Hundes lassen sich drei von innen nach außen parallel zueinander angeordnete Gefäßschichten unterscheiden:

In der ersten dieser drei, der vorderen Augenkammer benachbarten Schicht findet sich ein Netz von Kapillaren; darauf folgt linsenwärts die Schicht der größeren Arterien und Venen, die dritte Schicht wird wieder von einem Kapillarnetz gebildet.

Während sich die Kapillaren der inneren Schicht bis zum Pupillarrand der Iris vorschieben, erreichen die Gefäße der mittleren und äußeren Schicht den freien Rand der Pupille nicht. Dadurch entsteht eine schmale Ringzone um die Pupille, in der nur die Kapillaren der inneren Schicht zu finden sind. Die beiden anderen Gefäßschichten setzen sich mit scharfer Grenze stufenförmig gegenüber der Ringzone ab.

Zunächst soll die Entstehung und das Verhalten der Gefäße der Mittelschicht geschildert werden:

Die arterielle Versorgung der Iris wird von den Endästen der beiden Aa. ciliares postt. longae übernommen. Sie entstammen dem arteriellen Ringgeflecht der beiden Äste der A. ophthalmica ext. um den N. opticus, aus dem auch die Aa. ciliares postt. breves hervorgehen.

Die Aa. ciliares postt. longae (Abb. 1/3; Abb. 9/3) verlaufen an der nasalen und temporalen Fläche des Bulbus jeweils im horizontalen Meridian zur Iris, wobei sie sich deutlich von den Arterien und Venen der Lamina vasculosa chorioideae abheben. Erst kurz vor Erreichen des Plexus venosus sclerae senken sie sich in flachem Bogen in die Lamina vasculosa ein, durchbohren diese und treten dann in die Iriswurzel ein.

Dort spaltet sich jede A. ciliaris post. longa in einen dorsalen und ventralen Ast, die beide nahe der Iriswurzel konzentrisch die Iris umkreisen. Sie verlaufen dabei in flachen, arkaden-ähnlichen Bögen bis zum dorsalen und ventralen Hauptmeridian und spalten sich hier in ihre Endästchen auf, ohne Verbindung mit jenen der Gegenseite aufzunehmen. Demzufolge fehlt der Iris des Hundes ein geschlossenes arterielles Ringsystem (Abb. 1/4).

An den Vorderseiten der insgesamt vier Endäste beider Aa. ciliares postt. longae entspringen in regelmäßigen Abständen durchschnittlich acht bis zwölf kleine Zweige, die sich kurz nach ihrem Ursprung unter einem Winkel von ca. 180° wieder in zwei kleine Arterien gabeln. Diese verlaufen annähernd parallel zu ihrer Ursprungsarterie und ebenso auch parallel zum Pupillarrand der Iris.

Aus ihnen entspringen in rechtem Winkel weitere kleine Arterien, die nun radiär zum freien Rand der Pupille ziehen, ihn jedoch nicht erreichen. Sie sind korkenzieherartig geschlängelt und geben kleine Arteriolen ab, die sowohl das innere wie auch das äußere Kapillarnetz versorgen. In dieser Schicht der kleinen Arterien selbst ist nur ein sehr lockeres, unregelmäßig geformtes Kapillarnetz vorhanden.

In geringem Abstand vom freien Rand der Iris gehen diese kleinen Arterien bogenförmig in Präkapillaren über, die sich rückläufig wieder zu kleinen Venen vereinigen. Aus diesen entstehen die Venen der Iris, die in gestrecktem Verlauf den ihnen entsprechenden Arterien folgen (Abb. 9/5+9). Das Kapillarnetz an der Vorderfläche der Iris spannt sich zwischen Arteriolen und Venolen aus, die selbst in rechtem Winkel aus den Arterien und Venen der Mittelschicht hervorgehen und bogenförmig in die Kapillarschicht eintreten. Hier gabeln sie sich spitzwinklig auf und liefern das flächenförmig ausgebreitete Kapillarnetz, dessen unregelmäßig vieleckige Maschen mit ihren Längsachsen parallel zum Pupillarrand angeordnet sind. Dieses vorwiegend zirkulär um die Iris angeordnete Kapillarsystem erstreckt sich von der Iriswurzel pupillenwärts bis zu den bogenförmigen Randschlingen der Präkapillaren der Mittelschicht. Ein zweites Kapillarnetz findet sich, wie erwähnt, an der linsenseitigen Fläche der Iris. Seine Kapillaren verlaufen jedoch vorwiegend parallel zu den radiären größeren Arterien und Venen der Mittelschicht und damit zugleich senkrecht zu den senkrecht zu den zirkulären Kapillaren der Außenschicht. Sie erstrecken sich von der Wurzel der Iris bis zu deren Pupillarrand und bilden dort ein Randschlingennetz, das, wie bereits erwähnt, als schmaler Ringsaum die Gefäße der Mittel- und Außenschicht pupillenwärts überragt. Am Vorderrand des Ringsaumes vereinigen sich die Kapillaren zu kleinen Venolen, die, vom freien Rand der Iris kommend, rückläufig in die Venen der Mittelschicht einstrahlen.

Jeweils drei oder vier der in der Mittelschicht der Iris liegenden Venen vereinigen sich an der Iriswurzel in spitzem Winkel zu einem kurzen Stämmchen.

Durch die Vereinigung mehrerer Stämmchen entstehen sehr kräftige Venen, die nun wieder meridional durch die inneren Schichten des Kapillarnetzes des Ziliarkörpers ziehend, rechtwinklig in die am weitesten distal liegenden, äquatorial verlaufenden Sammelvenen der Chorioidea einmünden.

Dicht vor der Einmündungsstelle nimmt jede dieser Abfluß-
venen der Iris an ihrer der hinteren Augenkammer zugekehr-
ten Fläche die Basisvenen der Ziliarfortsätze auf (Abb.
9/10).

Die Blutgefäße des Ziliarkörpers und der Ziliarfortsätze

Die Aa. ciliares postt. longae versorgen nicht nur die Iris,
sondern auch den Ziliarkörper und die Ziliarfortsätze. Je-
weils im Scheitelpunkt der zum Ziliarkörper hin konvexen
Bögen der bereits beschriebenen Arkaden der Aa. ciliares
postt. longae entspringen kurze Stämmchen, die nur gering-
fügig schwächer als das Ursprungsgefäß sind (Abb. 3/1; Abb.
4/1; Abb. 9/6). Aus diesen Stämmchen entwickeln sich durch
Aufteilung kleine Äste (Abb. 1/6), die in den Ziliarkörper
und seine Fortsätze eintreten. Die für die Ziliarfortsätze
bestimmten Gefäße finden sich zwischen je zwei der etwa
achtzig bis hundert Ziliarfortsätzen. Dort spalten sie in
stumpfen Winkel Kapillaren ab, die nach beiden Seiten an
die Basis der Ziliarfortsätze ziehen (Abb. 3/2; Abb. 4/2;
Abb. 9/7). Im proximalen Bereich eines jeden zwischen zwei
Fortsätzen gelegenen Zwischenraumes spalten sich die nun
erheblich schwächer gewordenen Äste gleichfalls fächerför-
mig in Kapillaren auf.

So entsteht ein lockeres Kapillarnetz, das oberflächenpa-
rallel zwischen je zwei Ziliarfortsätzen ausgebreitet ist.
Die Kapillaren treten an die Basis der Seitenflächen der
Fortsätze heran, biegen nahezu rechtwinklig um und steigen
zu ihrem First auf (Abb. 3/2; Abb. 4/2). Der zwischen den
von beiden Seiten in den Fortsatz eingetretenen Kapillaren
bestehende Zwischenraum wird zum First hin kontinuierlich
geringer, bis etwa in halber Höhe zwischen First und Basis
die beidseitigen Kapillarnetze in das des Ziliarfortsatzes
übergehen.

Das Kapillarnetz ist so dicht, daß es bei vollständiger Füllung am Korrosionspräparat die Form der Ziliarfortsätze naturgetreu wiedergibt. Am linsenwärtigen freien Rand steigen die Kapillaren an den Seitenflächen der Fortsätze steil empor, biegen dann firstparallel zur Ora serrata hin um, um danach gleichmäßig abzustiegen. Während im linsennahen Bereich der Fortsätze dieser Verlauf der Kapillaren vorherrscht, sind in den anschließenden Abschnitten überwiegend vertikal, also von der Basis zum First aufsteigende Kapillaren mit wesentlich geringerem Durchmesser zu finden. Am Fortsatzfirst vereinigen sich die Kapillaren einzelner Bezirke zu mehreren Venolen (Abb. 3/3; Abb. 4/4), deren Blut von drei bis vier kleinen Venen aufgenommen wird, die in fast gestrecktem Verlauf vom First des Fortsatzes zu dessen Basis ziehen (Abb. 3/4; Abb. 4/5). Hier münden sie in eine in jedem Fortsatz vorhandene Basisvene ein (Abb. 3/5; Abb. 4/6), die linsenwärts zunächst als Venole beginnt, durch die Aufnahme der eben beschriebenen Fortsatzvenen aber rasch an Größe gewinnt. Die basalen Abschnitte des Kapillarnetzes und die Kapillaren der flachen Abschnitte im Bereich des Orbiculus ciliaris münden direkt in die Basisvene ein. Diese münden in spitzem Winkel in die aus der Iris kommenden Venen (Abb. 9/9), kurz bevor diese selbst an der Distalgrenze der Chorioidea in die äquatorial verlaufenden Sammelvenen einstrahlen. Die in der Tiefe der Furche zwischen je zwei benachbarten Ziliarfortsätzen verbleibenden Kapillaren vereinigen sich auch zu Venolen, die schräg zu einer unter diesem Kapillarnetz liegenden kleinen Vene absteigen. Diese münden ebenfalls in die äquatorialen Sammelvenen ein.

Zwischen den äquatorial verlaufenden Sammelvenen am linsen-seitigen Rande der Chorioidea und der Iriswurzel befindet sich das Gefäßsystem des basalen Teiles des Ziliarkörpers.

Es besteht fast ausschließlich aus einem Geflecht von Arterio-len bzw. Venolen und sehr englumigen, gestreckt verlaufenden Kapillaren. Nur die von der Iriswurzel kommenden, größeren Venen passieren die inneren Schichten dieses Geflechtes, ohne allerdings Verbindung mit ihm aufzunehmen.

Die Arteriolen entstammen sowohl den rückläufigen Ästen des Circulus arteriosus iridis (Abb. 9/8), als auch zum geringen Teil den Endaufteilungen der Aa. ciliares postt. breves. Einige dieser Arterien überkreuzen die Sammelvenen an deren der Retina zugekehrten Fläche, nachdem sie die für die Versorgung der Lamina chorioideocapillaris bestimmten Äste abgegeben haben, und dringen in den Proximalrand des Ziliarkörpers ein.

Die rückläufigen Arterien des Circulus arteriosus iridis gabeln sich am Distalrand des Ziliarkörpers in zwei Äste, die nahezu rechtwinklig äquatorial abbiegen, und anschließend in regelmäßigen Abständen meridional verlaufende Zweige in den Ziliarkörper entsenden, die sich sofort in Arteriolen aufspalten.

Diese beiden arteriellen Zuflüsse speisen ein äußerst dichtes, vielschichtiges Lager von sehr feinen Kapillaren, die parallel und gestreckt die gesamte Breite des Ziliarkörpers durchziehen, nahe der Iriswurzel in engem Bogen haarnadelförmig umbiegen und wieder in den Ziliarkörper eintreten. Der Abfluß des venösen Blutes erfolgt im Ziliarkörper selbst ausschließlich über Venolen, die nach dem Ort ihrer Entstehung in zwei Typen unterteilt werden können:

Die langen Venolen entstehen dicht hinter dem Distalrand des Ziliarkörpers durch Vereinigung mehrerer Kapillaren, die nach Durchlaufen der haarnadelförmigen Randschlingen unter spitzem Winkel zusammenfließen. Eine so gebildete Venole hat den etwa zwei- bis dreifachen Durchmesser der Kapillaren. Sie zieht in nur wenig gewundenem Verlauf zum Proximalrand des Ziliarkörpers und nimmt dabei nur eine geringe Anzahl weiterer Kapillaren auf, so daß sich ihr Durchmesser nur geringfügig ändert.

Die kurzen Venolen entstehen erst im proximalen Drittel des Ziliarkörpers durch Vereinigung von Kapillaren, die nach Durchlaufen der Randschlingen gestreckt zum Proximalrand des Ziliarkörpers zurücklaufen und dabei durch kurze Brücken miteinander in Verbindung stehen.

Wesentlich häufiger sind allerdings die Venolen vom kurzen Typ. Sie entstehen aus den Kapillaren der tiefen Schichten, während die langen Venolen vorwiegend im Inneren des Ziliarkörpers zu finden sind.

Der Abfluß des Blutes erfolgt schließlich über sehr kurze Venen, an deren Entstehung sowohl die langen, als auch die kurzen Venolen gleichmäßig beteiligt sind. Diese Venen entstehen erst unmittelbar am Proximalrand des Ziliarkörpers und münden auf direktem Wege in die hier befindlichen äquatorialen Sammelvenen der Chorioidea ein (Abb. 9/11).

Die Blutgefäße der Retina

Die arterielle Versorgung der Retina erfolgt durch eine wechselnde Anzahl kleinkalibriger Arterien, die an der Eintrittsstelle des N. opticus in die Netzhaut eindringen. Ihr Durchmesser steht in umgekehrtem Verhältnis zu ihrer Zahl.

Die Zahl der Arterien schwankt zwischen minimal acht, und maximal zwanzig, meist um etwa zwölf.

Dabei steht der Durchmesser der Aa. retinae in umgekehrtem Verhältnis zu ihrer Anzahl, wobei die Arterien eines Auges untereinander Kaliberunterschiede aufweisen.

Die kleinen Arterien haben mehr den Charakter von Arteriolen und gehen bereits in der näheren Umgebung des Discus n. optici in Kapillaren über. Die größeren Arterien sind bis zur Distalgrenze der Retina zu verfolgen und sind dabei meist einer Begleitvene zugeordnet. Das arterielle System ist der Lamina chorioideocapillaris, das venöse dagegen dem Glaskörper benachbart.

Die Arterien der Retina entstammen den aus dem arteriellen Gefäßplexus um den N. opticus hervorgehenden Aa. ciliares postt. breves (Abb. 8). Nach ihrem Ursprung durchdringen sie, dem N. opticus anliegend, die Area cribrosa, treten in die Retina ein und beginnen, sich dort zu verzweigen.

Die großen Arterien der Retina zeigen ein sehr typisches Verhalten: Dabei ziehen sie vom Discus n. optici in leicht geschlängeltem Verlauf radiär angeordnet in Richtung auf den Ziliarkörper. Unterwegs geben sie in größeren, unregelmäßigen Abständen, meist im Scheitelpunkt einer Windung, in stumpfem Winkel Seitenäste ab, die ihrerseits auch wieder leicht geschlängelt peripher verlaufend, Zweige in der Größenordnung von Arteriolen abgeben. Auch diese Arteriolen entspringen im allgemeinen im Scheitelpunkt einer Windung des entsprechenden Seitenastes (Abb. 5).

Aus den Arteriolen entwickelt sich durch weitere dichotome Teilung das System der Kapillaren. Sie sind sehr englumig und verlaufen in der näheren Umgebung des Discus n. opticus in sehr engen Windungen, die zur Peripherie hin aber allmählich weiter werden. Dadurch erscheint das Kapillarnetz in der Peripherie wesentlich weitmaschiger.

Das Kapillarnetz besteht aus zwei übereinanderliegenden Schichten, die durch gewundene, schräg von einer Schicht in die andere ziehende Kapillaren miteinander verbunden werden. Dadurch entsteht ein Raumnetz (Abb. 6).

Der Abstand zwischen den beiden Schichten verringert sich jedoch vom Discus n. optici zur Peripherie hin allmählich, bis sie sich schließlich regellos durchflechten.

Um jede Arterie der Retina findet sich ein von Kapillaren freier Bereich, der dem zwei- bis dreifachen Gefäßdurchmesser entspricht.

Aus der Vereinigung der Kapillaren entstehen gestreckt verlaufende Venolen, die zunächst keine nachbarlichen Beziehungen zu entsprechenden Anteilen des arteriellen Systems erkennen lassen. Erst die durch Vereinigung weiterer Venolen und Kapillaren entstehenden kleinen Venen verlaufen mit den zugehörigen kleinen Arterien. Recht häufig kreuzen sich in ihrem Verlauf kleine Arterien und Venen.

Die kleinen Venen vereinigen sich in meist stumpfem Winkel zu Venen mittlerer Größe, die ihrerseits wieder in stumpfem Winkel, in der Nähe des Discus n. optici sogar in fast rech-

tem Winkel in die meist drei großen Venen der Retina einmünden.

Eine dieser großen Venen verläuft im dorsalen Hauptmeridian, die beiden anderen jeweils im ventro-temporalen und ventro-nasalen Quadranten.

Ausgehend von der dorsalen Vene, vereinigen sich die drei großen Venen zu einem, den Discus n. optici dreiviertelkreisförmig umgebenden, im dorso-nasalen Quadranten offenen "Venenring" (Abb. 7).

Recht häufig münden Venen mittlerer Größe nicht erst in die großen Venen ein, sondern selbständig in diesen "Venenring" ein.

Von dort gelangt das venöse Blut der Retina in den extrabulbären Venenplexus dicht hinter der Area cribrosa, der auch Vv. ciliares postt. breves des proximalen Bereiches der Chorioidea aufnimmt.

Die Blutgefäße der Sclera

Die Durchblutung der Sclera ist bei ihrem Aufbau aus kollagenen Fasern nur sehr gering.

Immerhin konnte festgestellt werden, daß die Aa. ciliares postt. longae, die, wie bereits geschildert, im temporalen und nasalen Hauptmeridian zunächst innerhalb der Sclera, im distalen Bulbusbereich zwischen Sclera und Chorioidea verlaufen, bereits kleine Äste in unregelmäßigen Abständen abgeben, bevor sie in die Iriswurzel eintreten (Abb. 1/5). Diese kleinen Arterien verlassen ihr Stammgefäß im distalen und proximalen Bulbusbereich in mehr spitzem, nach distal offenem Winkel, während sie nahe dem Äquator fast unter rechtem Winkel abgehen. Sie verzweigen sich in den temporalen und nasalen Quadranten dichotomisch und gehen recht bald in Kapillaren über.

Der unmittelbare Übergang des arteriellen in das venöse System der Sclera, wie auch ihre Venen ließen sich selbst an Präparaten mit sonst weitgehender Füllung des Gefäßsystems mit Plastoid nicht darstellen. Da jedoch keine Anzeichen dafür sprechen, daß die Venen der Chorioidea Verbindung zu jenen der Sclera aufnehmen, andererseits aber am Proximalrand des Plexus venosus sclerae blind endende, relativ englumige, venöse, mit Plastoid gefüllte Gefäßstümpfe zu finden waren, kann vermutet werden, daß es sich hierbei um nicht völlig gefüllte Venen der Sclera kurz vor ihrer Einmündung in den Plexus venosus sclerae handelt. Der Plexus venosus sclerae ist eine auffallende Bildung im Gefäßsystem der Sclera (Abb. 9/16).

Er wird von drei bis vier großen und einer größeren Anzahl kleinerer Venen gebildet, die jeweils die temporale und nasale Hälfte des Bulbus halbkreisförmig umgeben. Diese annähernd parallel verlaufenden Venen stehen durch zahlreiche veno-venöse Anastomosen miteinander in Verbindung. Dadurch entsteht jener ausgedehnte Venenplexus, der sich vom Limbus sclerae über das gesamte distale Drittel der Sclera ausbreitet. Die Venen des Plexus sind deutlich abgeplattet.

An seiner Innenfläche münden die aus den Sammelvenen der Chorioidea aufsteigenden Gefäßstämme ein. Damit wird das Blut der Iris, des Ziliarkörpers, der Ziliarfortsätze und eines großen Teiles der Chorioidea über den Plexus venosus sclerae abgeleitet. Gleiches gilt auch für das Blut der aus dem episcleralen Kapillarnetz entstehenden Venen.

Die Venen der nasalen und temporalen Hälfte des Plexus venosus sclerae vereinigen sich sowohl über dem dorsalen, als auch unter dem ventralen Hauptmeridian jeweils zu einem gemeinsamen Venenstamm (Abb. 9/17). Beide verlaufen im Spatium perichorioideale, ohne weitere Zuflüsse zu erhalten, zum Äquator des Bulbus.

Dort verlassen beide Stämme, der dorsale unter scharfem Bogen, der ventrale mehr tangential, den Bulbus und münden in die V. ophthalmica dors. und ventr., deren Weg aus der Orbita hinausführt.

Erwähnenswert sind auffallende Strukturen an der Innenfläche des Plexus venosus sclerae. Es handelt sich um zahlreiche unter fast rechtem Winkel aus den Venen des Plexus entspringende, englumige und blind endende Venenstümpfe. Sie ragen leicht abgewinkelt in den Spaltraum zwischen der Innenfläche des Plexus und der Außenseite der Iris hinein, wobei sie sich auch aufgabeln können.

D. DISKUSSION

Eine zusammenfassende Darstellung der Blutgefäße des Augapfels des Hundes einschließlich des Kapillarsystems liegt bisher nicht vor.

Die in den Lehrbüchern der Veterinär-Anatomie von KOCH und DOBBERSTEIN (1958) und MILLER, CHRISTENSEN und EVANS (1964) zu findenden Angaben zu diesem Thema beziehen sich entweder nur auf die zu- und abführenden Gefäße, oder es werden die intrabulbären Arterien und Venen nur schematisch (ELLENBERGER und BAUM, 1943) dargestellt.

Das gleiche gilt auch für die etwas ausführlichere Darstellung der Blutgefäße des Auges des Hundes bei PRINCE, DIESEM, EGLITIS und RUSKELL (1960). Aber auch hier werden nur pauschale, für die Binnengefäße des Auges der Haustiere allgemeingültige Angaben gemacht und zur Erläuterung häufig auf bekannte Verhältnisse am menschlichen Auge verwiesen. Bereits für das arterielle Hauptgefäß des Bulbus oculi des Hundes, die A. ophthalmica ext., bestehen unterschiedliche Angaben. So beschreibt ROHEN (1954), daß diese Arterie dicht hinter der Area cribrosa einen nicht völlig geschlossenen Ring bildet, aus dem die Aa. ciliares breves entstehen. Nach den Ergebnissen meiner Untersuchung ist dies zwar recht häufig der Fall; ebenso oft aber besteht anstelle eines Gefäßringes ein arterieller Plexus, der durch Aufspaltung der beiden Endäste der A. ophthalmica ext. entsteht. Damit können auch beim Hund die Aa. ciliares postt. breves in ähnlicher Form wie im menschlichen Auge entstehen.

Die A. ophthalmica int. gilt nach den bisherigen Befunden, insbesondere jenen von ZIETSCHMANN (1912), als ein nur sehr schwaches Gefäß. An Plastoidpräparaten erwies sich ihr Durchmesser jedoch fast ebenso groß wie jener der A. ophthalmica ext. Zudem mündet sie bereits vor Erreichen des Bulbus in die A. ophthalmica ext. ein und ist infolgedessen an der Versorgung des Bulbus ebenso beteiligt.

Der weitere Verlauf der Blutgefäße der Aderhaut weicht nach meinen Befunden ebenfalls erheblich von den bisherigen Darstellungen ab. Danach sollen die Vv. ciliares postt. breves an vier bis sechs Stellen im Bereich des Äquators als Vv. vorticosae sternförmig zusammenlaufen. Richtig ist, daß sie ebenso wie die entsprechenden Arterien in annähernd meridionaler Richtung nach distal verlaufen, wobei sie den Arterien im allgemeinen innen anliegen.

Diese Venen sammeln sich erst am distalen Rand der Choroida zu äquatorialen Sammelvenen, die ihrerseits zum Plexus venosus sclerae aufsteigen und in diesen einmünden. Demnach trifft die Bezeichnung "Vv. vorticosae" für die beschriebenen Venen des Hundes nicht zu.

Bei den an der Innenfläche des Plexus venosus sclerae beobachteten blind endenden Ausgüssen von kurzen Kanälchen in der Größenordnung von Kapillaren dürfte es sich - zumindest teilweise - um die zuerst von SONDERMANN beschriebenen und nach ihm benannten "Innenkanälchen" handeln. Die Existenz dieser Innenkanälchen darf auch nach den Untersuchungen anderer Autoren als gesichert gelten. Sie werden mit der Resorption von Kammerwasser in Verbindung gebracht. Erwähnt sei, daß es sich bei den Aa. ciliares postt. breves um sog. Sperrarterien handelt, die den Zustrom des Blutes zur Aderhaut regeln (ROHEN, 1964).

Die Tatsache, daß die Kapillaren der Lamina chorioideocapillaris abgeflacht sind und ihre "Breitseite" der tiefen Schicht der Retina zuwenden, läßt auf eine den Stoffaustausch begünstigende Einrichtung schließen. Für diese Annahmen spricht auch die Beobachtung, daß die der Retina anliegende Seite der Kapillarwand licht- und elektronenmikroskopisch diffusionsfördernde Strukturen erkennen läßt.

Nach den an Plastoidpräparaten erhobenen Befunden ist die Feststellung von ROHEN (1952), daß die Kapillaren der Ziliarfortsätze sich an deren Kamm zu einer Vene sammeln, die "nach hinten abfließt", für den Hund nicht zutreffend. Es sind zwar am First des Fortsatzes in der Längsrichtung

verlaufende Venolen vorhanden, jedoch biegen diese zur Basis des Fortsatzes ab und sammeln sich hier in einer Basisvene, die auch die ihr benachbarten Kapillaren aufnimmt.

Zudem konnte in Ergänzung der Befunde von ROHEN festgestellt werden, daß das Blut der Basisvene in die aus der Iris kommenden Venen und über diese in die am Distalrand der Chorioidea vorhandenen Sammelvenen fließt und von dort schließlich in den Plexus venosus sclerae gelangt. Demnach trifft auch die von PRINCE, DIESEM, EGLITIS und RUSKELL aufgestellte Behauptung, daß die Venen der Ziliarfortsätze mit den Venen der Chorioidea in Verbindung stehen, für den Hund nicht zu.

Darüber hinaus gelang an Hand der Plastoidpraeparate der Nachweis, daß die Venen des Ziliarkörpers des Hundes in die am Distalrand der Chorioidea liegenden Sammelvenen münden.

Nach ROHEN haben die Kapillaren der inneren Schichten des Ziliarkörpers an dessen Pupillarrand fast äquatorialen Verlauf. Nach meinen Befunden besteht im Ziliarkörper des Hundes das Kapillarnetz in seiner gesamten Ausdehnung aus meridional angeordneten Gefäßschlingen, ein Verlauf, der auf eine gleichartige Struktur des Ziliarmuskels schließen läßt.

Das außerordentlich dichte Kapillarnetz im Bereich des Ziliarkörpers erlaubt die Annahme, daß es über seine ernährende Funktion hinaus auch im Dienste der Kammerwassersekretion eine wichtige Rolle spielt.

Die arterielle Versorgung der Iris durch die beiden Aa. ciliares postt. longae wurde bereits von PURTSCHER (1961) auch für das Auge des Hundes bestätigt. Seine Feststellung, daß die beiden dorsalen und ventralen Endäste nicht miteinander anastomosieren, entspricht auch meinen Beobachtungen an Plastoid-Praeparaten. Zudem ist ein zweiter, dem Circulus arteriosus iridis minor des Menschen analoger Arterienring beim Hund nicht vorhanden. Da die beiden Endaufteilungen der Aa. ciliares postt. longae in der Iris des Hundes jedoch dicht beieinander liegen, kann unter Berück-

sichtigung funktioneller Gesichtspunkte zumindest die Bezeichnung "Circulus arteriosus iridis" aufrecht erhalten werden.

Der Einbau der aus diesem Gefäßring entspringenden Äste mit ihrem charakteristischen, "korkenzieherartigen" Verlauf, in das Fasersystem der Iris wurde von ROHEN (1951) für den Menschen und einige Säugetiere ausführlich erläutert. Während seine Beschreibung dieser Arterien mit meinen Beobachtungen am Auge des Hundes übereinstimmt, kann ich auf Grund der von mir angewandten Methode keine Angaben über die funktionelle Zuordnung der Blutgefäße zum Muskel- und Bindegewebsgerüst des Iris-Stromas machen.

Allerdings lassen auch meine am Kapillarsystem der Iris erhobenen Befunde den Schluß zu, daß auch hier enge Beziehungen zwischen der Anordnung der Kapillaren in dem Vorder- und Hinterblatt der Iris und dem Faserverlauf des M. sphincter und dilatator pupillae bestehen.

Über die Blutgefäße der Retina des Hundes liegen einige Untersuchungen vor. So hat u. a. MODES (1936) an mit Perltusche injizierten Augen das Vorkommen eines "Venensternes" im Bereich des Discus n. optici festgestellt, der das Aussehen eines umgekehrten Y hat. Ein venöser Ring ist nach seinen Beobachtungen nicht vorhanden. Nach WYMAN und DONOVAN (1965) sollen sich die Venen der Retina im Bereich des Discus in unterschiedlicher Form vereinigen können. Sie fanden neben den von MODES beschriebenen "Venensternes" auch Venen, die in einem "Halb- oder Vollkreis" und auch in "Hufeisenform" zusammenlaufen.

Das unterschiedliche Verhalten des Venensystems der Retina wird auch durch die Untersuchungen von BUNCE (1955) bestätigt, dessen ophthalmoskopische Befunde zusätzlich einen erheblichen Unterschied zwischen einander zugeordneten Arterien und Venen ergaben.

Die Vereinigung der Venen der Retina in der Peripherie des Discus in Form eines Halb- oder Dreiviertelkreises entspricht auch meinen Beobachtungen. Auch die Anzahl der von

MODES gefundenen Arterien stimmt mit meinen Feststellungen überein.

Über die Herkunft der Arterien der Retina dagegen sind Angaben weder bei MODES, noch bei BUNCE und WYMAN u. DONOVAN zu finden; nach MILLER, CHRISTENSEN und EVANS entstammen sie der "A. centralis retinae".

Durch Anwendung der Plastoid-Injektion konnte jedoch eindeutig nachgewiesen werden, daß die Arterien der Retina des Hundes an der dem N. opticus zugekehrten Fläche der Aa. ciliares breves entspringen, dicht bevor diese in die Aderhaut eintreten. Damit dürfte die Zugehörigkeit dieser Arterien zum cilio-retinalen System eindeutig erwiesen sein.

Das Vorhandensein einer "A. centralis retinae" konnte ich nicht feststellen. An Präparaten mit vollständiger Injektion des Kapillarnetzes konnte der von ENGERMAN (zitiert nach HEBEL) beschriebene holangiotische Aufbau der Netzhaut des Hundes bestätigt werden.

Auch in der Retina des Hundes liegt das Kapillarnetz in der beim Menschen beschriebenen Form vor. In der Nähe des Discus n. optici ist ein zweischichtiges Netz vorhanden, das etwa bis in den Bereich des Äquators reicht. Dort beginnt eine kontinuierliche Annäherung der beiden Schichten, bis schließlich im Bereich des distalen Bulbusdrittels nur noch eine einfache Lage von Kapillaren vorhanden ist. Da bei der von mir angewandten Technik die Korrosion der Weichteile erforderlich war, kann über die Einordnung der Kapillaren in bestimmte Schichten der Netzhaut keine Angabe gemacht werden. Jedoch kann angenommen werden, daß die Befunde von HEBEL (1971) auch für die von mir untersuchten Fälle zutreffen. Danach liegen die Arteriolen und Venolen in Höhe der Nervenfaserschicht; dort findet sich auch die innere Kapillarschicht. Die äußere Kapillarschicht liegt in der Innenzone der äußeren Körnerschicht. Beide werden durch schräg in der inneren Körnerschicht und der inneren plexiformen Schicht verlaufende Kapillaren miteinander verbunden.

Präkapilläre Verbindungen zwischen Arterien und Arteriolen der Retina des Hundes konnten von mir nicht festgestellt werden. Es handelt sich also um Endarterien, eine Feststellung, die auch für die Retina des Menschen gilt.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung der Augen von 28 Hunden, von deren Gefäßsystem Korrosionspräparate hergestellt wurden, brachte folgende Ergebnisse:

1. Die arterielle Versorgung des Augapfels erfolgt über die A. ophthalmica ext., die aus der A. maxillaris int. entspringt und zwischen ihrem Ursprung und dem Augapfel noch die A. ophthalmica int. aufnimmt.
2. Aus der A. ophthalmica ext. entspringen die Aa. ciliares postt. breves zur Versorgung der Aderhaut und die Aa. ciliares postt. longae zur Versorgung von Iris, Ziliarkörper und Ziliarfortsätzen.
3. Die arterielle Versorgung der Netzhaut erfolgt über Blutgefäße, die den Aa. ciliares postt. breves entstammen.
4. Das Kapillarsystem von Iris und Ziliarkörper entspricht dem Gefüge der dort vorhandenen Muskeln.
5. Die Venen von Iris, Ziliarkörper und Ziliarfortsätzen münden in die Sammelvenen am Vorderrand der Aderhaut.
6. Diese äquatorial verlaufenden Sammelvenen münden auf der Innenfläche in den Plexus venosus sclerae ein.
7. Von dort gelangt das venöse Blut über zwei Abflußvenen in die V. ophthalmica dors. und ventr.

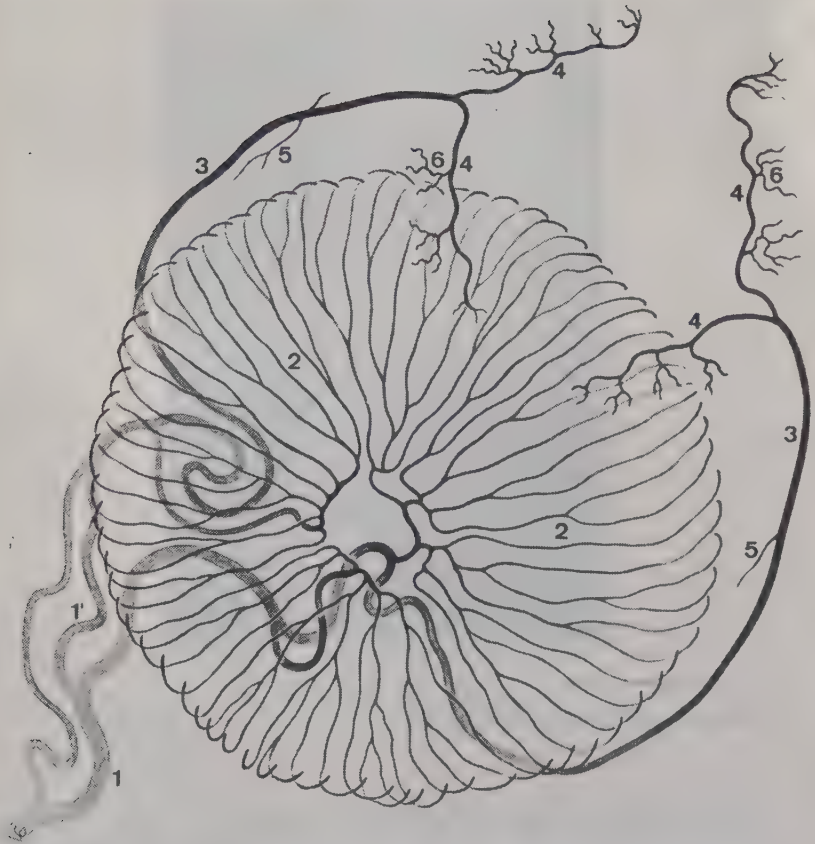


Abb. 1

Schematische Darstellung des arteriellen Gefäß-Systems vom
Auge des Hundes (gezeichnet nach Korrosionspräparaten)

Erläuterungen s. Abb. 1a

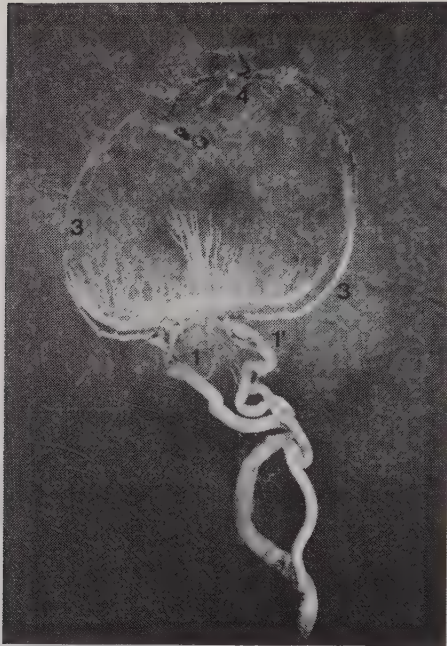


Abb. 1a

Die Arterien des Auges vom Hund
(Plastoid-Korrosionspraeparat)

Erläuterungen zu den Abbildungen 1 und 1a

1 A. ophthalmica ext. 1' ihr nach medial ziehender Seitenast
2 Aa. ciliares postt. breves 3 A. ciliaris post longa
lat. bzw. med. 4 Circulus arteriosus iridis 5 aus den Aa.
ciliares postt. longae entspringende Äste zur Versorgung
der Sclera 6 aus dem Circulus arteriosus iridis entspringende,
rückläufige Äste für den Ziliarkörper und dessen Fortsätze

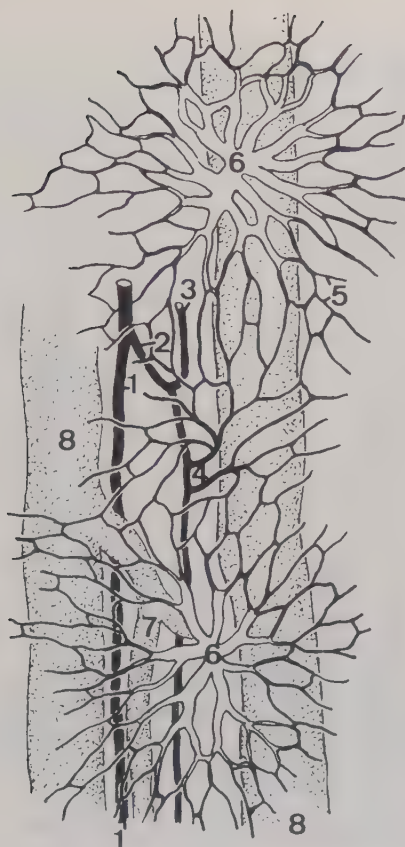


Abb. 2

Die Blutgefäße der Chorioidea (gezeichnet nach Korrosions-
praeparaten)

1 A. ciliaris post. brevis 2 aus dieser hervorgehendes auf-
steigendes Stämmchen 3 kleine Arterie des den Venen der
Lamina vasculosa innen anliegenden Netzes 4 zum Kapillar-
netz aufsteigender Zweig 5 Kapillaren der Lamina chorio-
ideocapillarium 6 durch Zusammenfluß von Venolen ent-
standenes Sternchen (das die hieraus absteigende kleine Vene
verdeckt) 7 mittelgroße und 8 große Vene der Lamina vasculosa

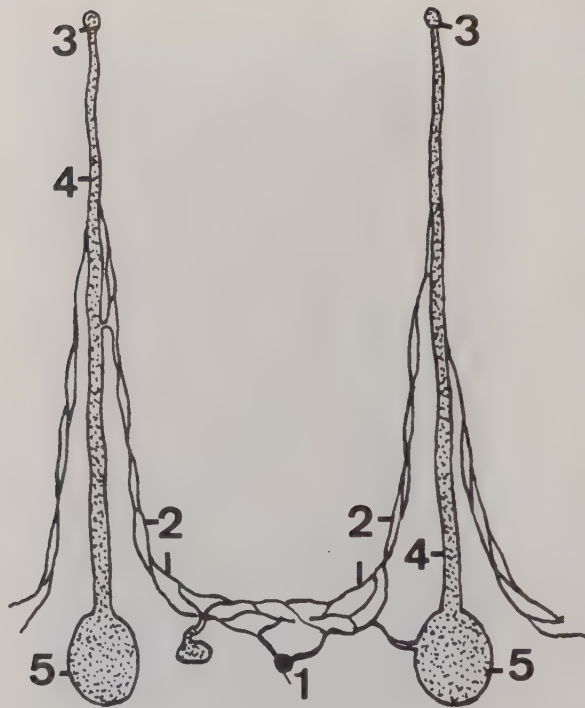


Abb. 3

Schematische Darstellung der Blutversorgung der Ziliarfortsätze (gezeichnet nach Korrosionspräparaten)

1 vom Circulus arteriosus iridis kommende, rückläufige Arterie (im Querschnitt) 2 daraus hervorgehendes Kapillarnetz 3 am First des Fortsatzes liegende Venole 4 absteigende kleine Vene 5 Basisvene eines Ziliarfortsatzes (im Querschnitt)

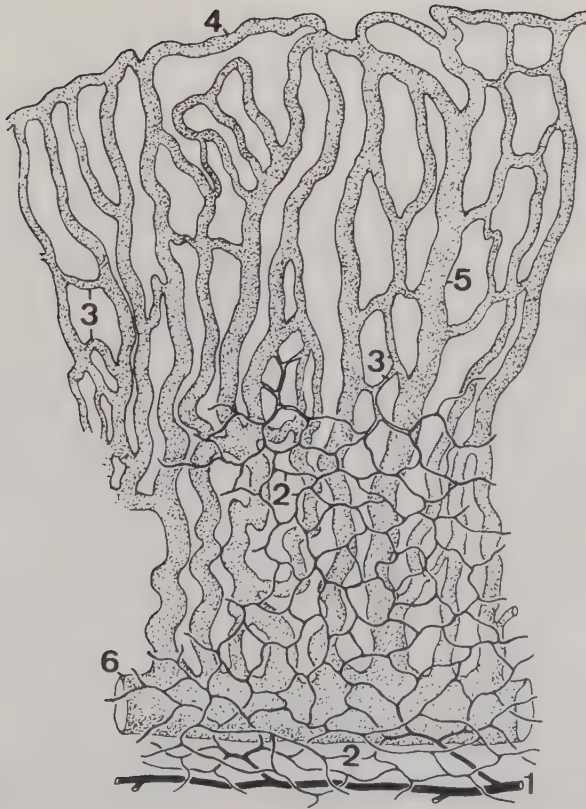


Abb. 4

Segment aus einem Ziliarfortsatz, Seitenansicht; (gezeichnet nach Korrosionspraeparaten)

1 vom Circulus arteriosus iridis kommende, rückläufige Arterie 2 deren Kapillarnetz 3 Kapillarsystem des Ziliarfortsatzes 4 am First liegende Venole 5 absteigende kleine Vene 6 Basisvene eines Ziliarfortsatzes

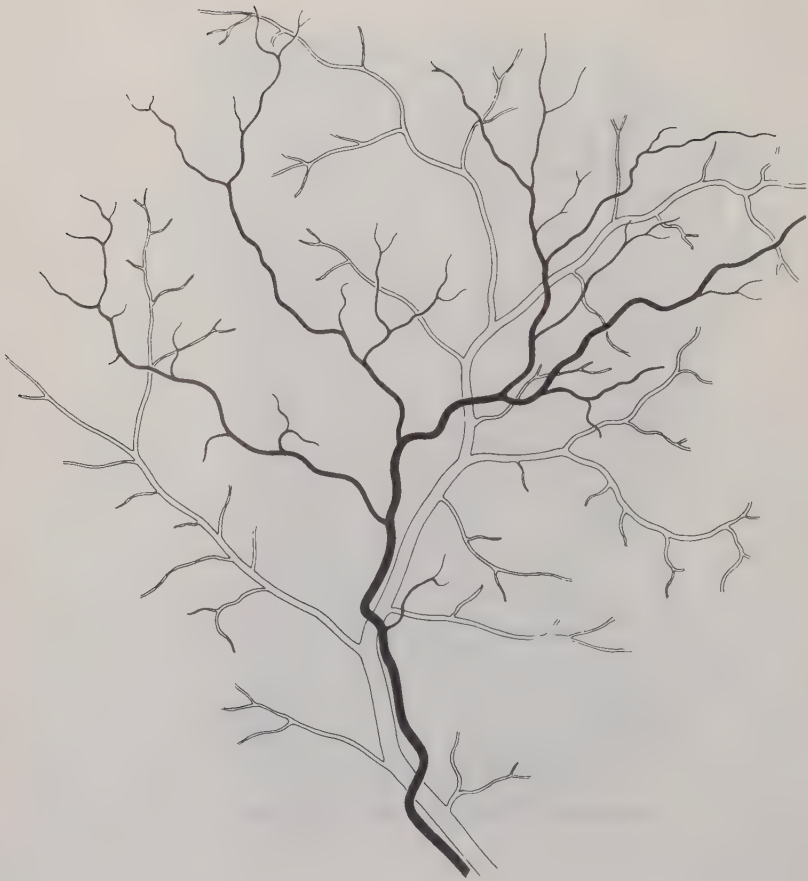


Abb. 5

Beispiel für den Verzweigungsmodus einer großen Arterie und Vene der Retina, Ansicht von der der Chorioidea zugekehrten Fläche; (gezeichnet nach Korrosionspräparaten)

Arterie schwarz, Vene hell

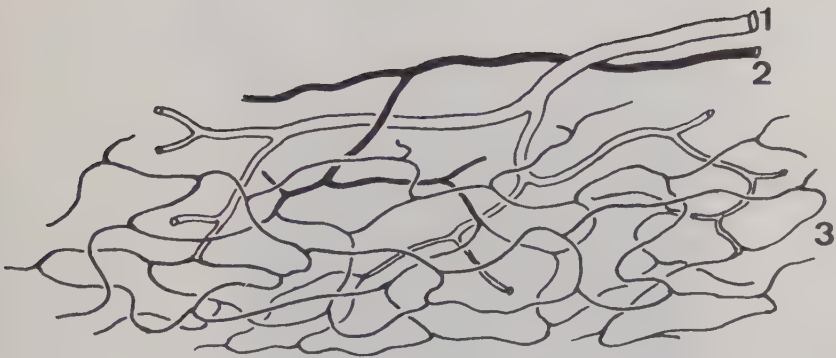


Abb. 6

Kapillarnetz der Retina in der Nähe des Discus n. optici
(gezeichnet nach Korrosionspraeparaten); Schrägansicht

- 1 abführende kleine Vene 2 zuführende kleine Arterie
3 zweischichtiges Kapillarnetz

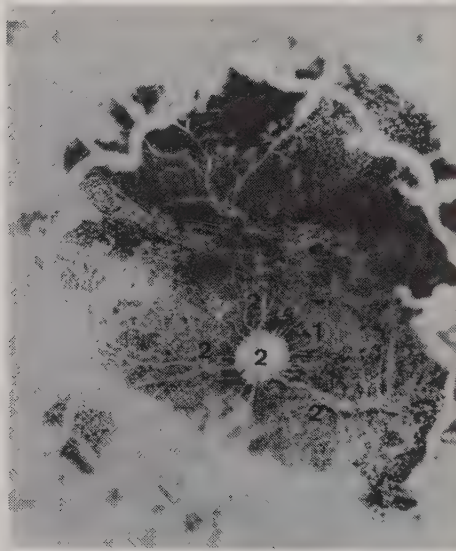


Abb. 7

Arterien und Venen der Retina im Augenhintergrund
(Plastoid-Korrosionspraeparat)

- 1 Radiär an der Peripherie des Discus n. optici in
die Retina eintretende Arterien
- 2 Venenkranz um den Discus n. optici mit drei daraus
hervorgehenden großen Venen der Retina



Abb. 8

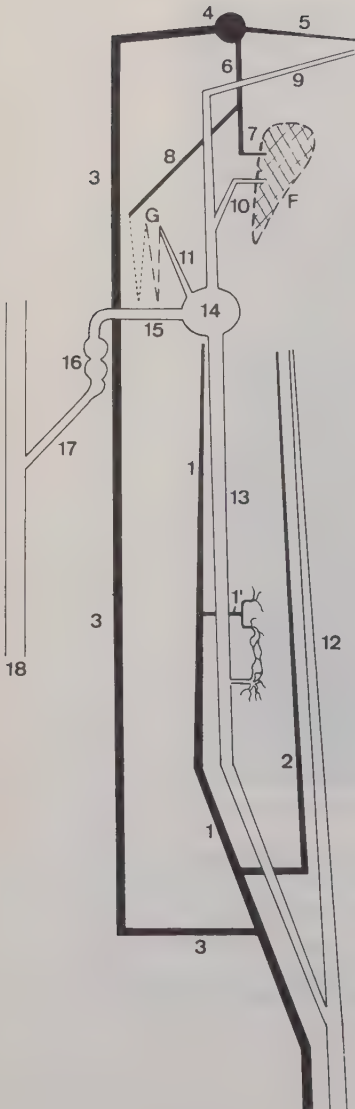
Entstehung der Aa. retinae (Plastoid-Korrosionspraeparat)

- 1 Endäste der A. ophthalmica ext.
- 2 Aa. ciliares postt. breves
- 3 Aa. retinae, die im Bereich der Area cribrosa sclerae aus diesen entspringen

Abb. 9

Schema der Blutgefäßversorgung
des Auges vom Hund

- 1 A. ciliaris post. brevis mit
1' zur Lamina chorioideocapilla-
rium aufsteigendem Ast
- 2 A. retinae
- 3 A. ciliaris post. longa
- 4 Circulus arteriosus iridis
- 5 A. iridis
- 6 gemeinsamer Stamm für
- 7 Arterie eines Ziliarfortsatzes
(F) und
- 8 Arterie für die Grundplatte des
Ziliarkörpers (G)
- 9 aus der Iris kommende Vene, die
- 10 die Basisvene eines Ziliarfort-
satzes aufnimmt
- 11 aus dem Kapillarnetz der Grund-
platte des Ziliarkörpers
kommende Vene
- 12 V. centralis retinae
- 13 V. ciliaris post. brevis
- 14 Sammelvene an der Distalgren-
ze der Chorioidea
- 15 aus dieser aufsteigender Stamm
zum
- 16 Plexus venosus sclerae
- 17 Abflußvene zur
- 18 V. ophthalmica dors. (bzw. ventr.)



G. LITERATURVERZEICHNIS

- ASHTON, N.: Observations on chorioideal circulation.
zit. n. ROHEN
- BARGMANN, W.: Histologie und mikroskopische Anatomie des
Menschen.
5. Aufl. Stuttgart, Thieme, 1964
- BRÜCKNER, C.: Die Kopfarterien des Hundes unter spezieller
Berücksichtigung derer des Bulbus und der Schä-
delhöhle.
Zürich, Diss. med. vet. 1909
- BUNCE: The Use of the Ophthalmoscope in Veterinary
Practice.
Vet. Med. 50, 599-604, 1955
- CASLEY-SMITH, J.R.: An Electron Microscopical Demonstration
of the Permeability of Cerebral and Retinal
Capillaries to Ions.
Sep. EXPERIENTIA 25, 845-847, 1969
- CLARA, M.: Die arterio-venösen Anastomosen.
2. Aufl. Wien, Springer, 1956
- DOBBERSTEIN-KOCH: Lehrbuch der vergleichenden Anatomie
der Haustiere III.
Leipzig, Hirzel, 1958
- ELLENBERGER-BAUM: Handbuch der vergleichenden Anatomie
der Haustiere.
18. Aufl. Berlin, Springer, 1943
- HEBEL, R.: Entwicklung und Struktur der Retina und des
Tapetum Lucidum des Hundes.
Erg. Anat. Entw.gesch. 45, H. 2

- HÜRLIMANN, R.: Die arteriellen Kopfgefäße der Katze.
Zürich, Diss. med. vet. 1912
- KOCH, T.: Lehrbuch der Veterinär-Anatomie. Bd. III.
Jena, Fischer, 1965
- KOMAR-SZUTTER: Tierärztliche Augenheilkunde.
Berlin, Parey, 1968
- KRÖLLING-GRAU: Lehrbuch der Histologie und mikroskopischen
Anatomie der Haustiere.
10. Aufl. Berlin, Parey, 1960
- MAGRANE, W.G.: Canine Ophthalmology.
Philadelphia, Lea & Febinger, 1965
- MATSUSAKA, T.: The Fine Structure of Retinal Capillaries
in Normal and Increased Permeability as Re-
vealed by Ruthenium Red Staining.
v. Graefes Arch.klin. exp. Ophthalm. 183, 140-
151, 1971
- MILLER, CHRISTENSEN, EVANS: Anatomy of the Dog.
Philadelphia, W.B. Saunders Comp., 1964
- MODES, E.: Das Blutgefäßbild des Augenhintergrundes bei den
Haustieren (Katze, Hund, Schwein, Rind, Schaf,
Ziege, Pferd).
Leipzig, Diss. med. vet. 1936
- NICKEL, R. u. R. SCHWARZ: Vergleichende Betrachtung der
Kopfarterien der Haussäugetiere (Katze, Hund,
Schwein, Rind, Schaf, Ziege, Pferd).
Zbl. Vet.Med. R. A, 10, 89-120, 1963
- PURTSCHER, E.: Die großen Irisarterien beim Hunde.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 22, 436-438,
1961

- PURTSCHER, E. u. G. HAGER: Zur anatomischen und funktionellen Struktur der Iris des Hundes.
Zbl. Vet.Med. R. A, 10, 227-244, 1963
- PRINCE, J.H.: Comparative Anatomy of the Eye.
Springfield/Ill., Ch.C. Thomas, 1965
- PRINCE, DIESEM, EGLITIS, RUSKELL: Anatomy and Histology of the Eye an Orbit in Domestic Animals.
Springfield/Ill., Ch.C. Thomas, 1960
- ROHEN, J.: Der Bau der Regenbogenhaut beim Menschen und einigen Säugern.
Gegenb. Morph. Jb. 91, 140-181, 1951
- ROHEN, J.: Der Ziliarkörper als funktionelles System.
Gegenb. Morph. Jb. 92, 1952
- ROHEN, J.: Sperrarterien in der Aderhaut und am Sehnerveneintritt beim Hund.
v. Graefes Arch. f. Ophthal. 156, 90-97 (1954)
- ROHEN, J.: Arterio-venöse Anastomosen im Limbusbereich des Hundes.
v. Graefes Arch. f. Ophthal. 157, 361-367, 1956
- ROHEN, J.: Besonderheiten des Schlemm'schen Gefäßplexus.
Verh. Anat. Ges., Anat.Anz. Suppl. 106-107, 298-308, 1959
- ROHEN, J.: Anatomie des Auges. Besonderheiten in der Anatomie des Auges einiger Versuchstiere.
In: VELHAGEN: Der Augenarzt, Bd. I, 103-122, 1958
- ROHEN, J.: Das Auge und seine Hilfsorgane. In: MÖLLENDORFF-BARGMANN: Handbuch der Mikroskopischen Anatomie des Menschen.
Berlin, Springer, 1964

- RIKLIN, D.: Über die Vaskularisation des Sehnervenkopfes
beim Pferd.
Zürich, Diss. med. vet. 1915
- RÜMLER, G.: Venen am Kopf des Hundes.
Hannover, Diss. med. vet. 1967
- SCHUMMER, A.: Ein neues Mittel (Plastoid) und Verfahren zur
Herstellung korrosionsanatomischer Präparate.
Anat. Anz. 81, 177-201, 1935
- SCHUMMER, A.: Korrosionsanatomische Präparate mit neuem
Mittel nach neuem Verfahren hergestellt.
Anat. Anz. (Erg.-H.) 81, 301-303, 1936
- SCHUMMER, A.: Vereinfachtes Plastoidkorrosionsverfahren.
Anat. Anz. 98, 288-290, 1951
- WYMAN, M., and E.F. DONOVAN: The Ocular Fundus of the
Normal Dog.
J. Amer. Vet. Med. Assoc. 147, 17-26, 1965
- ZIETSCHMANN, D.: Zur Vascularisation des Bulbus und seiner
Nebenorgane.
Verh. Anat. Ges. 26, 107-118, 1912

Lebenslauf

Am 23. November 1940 wurde ich als Sohn des Reichsbahnangestellten Friedrich Hetkamp und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Oether, in Oberhausen geboren.

Von 1947 bis 1951 besuchte ich die Städtische Volksschule in Homberg/Niederrhein und anschließend dort das Franz Haniel-Gymnasium.

Im Sommersemester 1961 begann ich das Studium der Veterinärmedizin an der Justus Liebig-Universität Gießen. Nach Bestehen der tierärztlichen Vorprüfung studierte ich im Wintersemester 1963/64 an der Tierärztlichen Hochschule in Wien und danach wieder an der Justus Liebig-Universität Gießen. Hier legte ich im Wintersemester 1965/66 die tierärztliche Prüfung ab.

Vom 1. März 1966 bis zum 30. April 1967 war ich als Veterinärpraktikant und anschließend als Assistent bei Herrn Dr. W. Dinter in Dettelbach/Main tätig und erhielt meine Approbation mit Wirkung vom 24. August 1966.

Seit dem 1. Mai 1968 bin ich als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle am Veterinär-Anatomischen Institut der Justus Liebig-Universität Gießen angestellt.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. August SCHUMMER, möchte ich für die Überlassung des Themas sowie seine vielseitigen Anregungen und wertvolle Unterstützung aufrichtig danken.

Herrn Prof. Dr. R. HOFMANN danke ich für seine jederzeit gern gewährte Hilfe, insbesondere bei der Durchführung der Photoarbeiten.

Weiterhin gilt mein Dank der wissenschaftlichen Zeichnerin, Fräulein V. GUBE, für die mit viel Sorgfalt, Verständnis und Geduld angefertigten Zeichnungen.

Allen Angehörigen des Veterinär-Anatomischen Institutes gilt mein Dank für ihre stets gezeigte Hilfsbereitschaft.

